

· 论著 · 头颈 ·

超声造影成像及超微血管成像评价颈动脉粥样硬化斑块内新生血管情况及其与心脑血管事件的关系*

邹 全* 陈 飞 孟文玉 郑 红
兰州大学第一医院超声医学科(甘肃 兰州 730000)

【摘要】目的 探讨超声造影成像及超微血管成像(SMI)评价颈动脉粥样硬化斑块内新生血管情况及其与心脑血管事件之间的关系。**方法** 自2023年1月至2024年5月,选取兰州大学第一医院收治的224例颈动脉粥样硬化患者作为研究对象,在患者中开展常规超声检查、超声造影检查及SMI检查,以临床综合诊断结果为金标准,比较常规超声、超声造影及SMI对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的诊断结果。比较不同严重程度颈动脉粥样硬化的超声造影参数、SMI评分,分析超声造影参数、SMI评分与颈动脉粥样硬化严重程度之间的相关性。**结果** 以“金标准”为参照,超声造影、SMI对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的诊断灵敏度、特异度、准确率均高于常规超声($P<0.05$),而超声造影与SMI之间对比诊断灵敏度、特异度、准确率均无明显差异($P>0.05$)。在颈动脉轻度、中度、重度狭窄患者中,峰值强度比值、SMI评分从高至低依次为重度、中度、轻度,峰值强度比值、SMI评分与颈动脉粥样硬化严重程度呈正相关($P<0.05$)。随访12个月时,缺血性脑卒中患者的峰值强度比值、SMI评分均高于无缺血性脑卒中患者($P<0.05$),发生心血管事件患者的峰值强度比值、SMI评分均高于无心血管事件患者($P<0.05$)。**结论** 超声造影、超微血管成像能够灵敏、准确地检出颈动脉粥样硬化斑块内新生血管,超声造影、超微血管成像的定量指标与颈动脉粥样硬化程度、心脑血管事件相关。

【关键词】 颈动脉粥样硬化; 斑块; 新生血管; 心脑血管事件; 相关性; 超声造影; 超微血管成像

【中图分类号】 R543.1+2

【文献标识码】 A

【基金项目】 甘肃省科技计划项目(24JRRA317)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2026.4.015

Evaluation of Neovascularization in Carotid Atherosclerotic Plaques by Contrast-enhanced Ultrasound Imaging and Superb Microvascular Imaging and Its Relationship with Cardiovascular and Cerebrovascular Events*

ZOU Quan*, CHEN Fei, MENG Wen-yu, ZHENG Hong.

Department of Ultrasound Medicine, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

Abstract: Objective To investigate the evaluation of neovascularization within carotid atherosclerotic plaques using ultrasound contrast imaging and supermicrovascular imaging (Super microvascular imaging, SMI), and its relationship with cardiovascular events. **Methods** A lot of 224 patients with carotid atherosclerosis admitted to the First Hospital of Lanzhou University from January 2023 to May 2024 were selected as the research objects. Routine ultrasound examination, contrast-enhanced ultrasound examination and SMI examination were carried out in the patients. Taking the clinical comprehensive diagnosis results as the gold standard, the diagnostic results of conventional ultrasound, contrast-enhanced ultrasound and SMI on neovascularization in carotid atherosclerotic plaques were compared. The contrast-enhanced ultrasound parameters and SMI scores of carotid atherosclerosis with different severity were compared, and the correlation between contrast-enhanced ultrasound parameters, SMI scores and the severity of carotid atherosclerosis was analyzed. **Results** Compared with the gold standard, the sensitivity, specificity and accuracy of contrast-enhanced ultrasound and SMI in the diagnosis of neovascularization in carotid atherosclerotic plaques were higher than those of conventional ultrasound ($P<0.05$). In patients with mild, moderate and severe carotid artery stenosis, the peak intensity ratio and SMI score from high to low were severe, moderate and mild. The peak intensity ratio and SMI score were positively correlated with the severity of carotid atherosclerosis ($P<0.05$). At 12 months of follow-up, the peak intensity ratio and SMI score of patients with ischemic stroke were higher than those of patients without ischemic stroke ($P<0.05$), and the peak intensity ratio and SMI score of patients with cardiovascular events were higher than those of patients without cardiovascular events ($P<0.05$). **Conclusion** Ultrasound angiography and ultra-angiographic imaging can sensitively and accurately detect neovascularization within carotid atherosclerotic plaques. The quantitative indicators of ultrasound angiography and ultra-angiographic imaging are related to the degree of carotid atherosclerosis and cardiovascular events.

Keywords: Carotid Atherosclerosis; Plaque; Neovascularization; Cardiovascular and Cerebrovascular Events; Correlation; Ultrasound Angiography; Ultrafine Vascular Imaging

颈动脉粥样硬化是导致缺血性脑血管事件发生的重要原因,尤其是在斑块内的新生血管,会增加斑块易损性,导致斑块容易破裂、出血^[1-2]。为对缺血性心脑血管事件进行预防,及时发现颈动脉粥样硬化斑块内新生血管十分重要,通常采取超声技术进行检测,采集的超声图像可显示颈动脉情况。近些

年,超声造影、超微血管成像(super microvascular imaging, SMI)在血管病变诊疗中应用增多,能够增强对血管内病变的识别效果^[3-4],为探讨超声造影成像、SMI在颈动脉粥样硬化斑块内新生血管评价中应用的效果及其与心脑血管事件之间的关系,本研究选取兰州大学第一医院(2023年1月至2024年5

【第一作者】 邹 全,女,副主任医师,主要研究方向:心脑血管超声。E-mail: yxzzs10001@163.com

【通讯作者】 邹 全

月)224例颈动脉粥样硬化患者为对象,开展如下研究。

1 资料与方法

1.1 一般资料 自2023年1月至2024年5月,选取兰州大学第一医院收治的224例颈动脉粥样硬化患者作为研究对象,224例患者年龄为53~85岁,平均(68.34±5.79)岁,男性有121例,女性有103例。

纳入标准:成年人;符合动脉粥样硬化斑块诊断标准^[5],在颈动脉存在粥样硬化斑块;知情自愿,签署知情同意书。排除标准:既往接受颈动脉血管重建术;伴有颈部肿块病变,如甲状腺肿块、颈部包块,影响SMI检查;颈动脉斑块内存在钙化斑块,或无法正常识别血流信号。

1.2 方法 在224例患者中开展常规超声检查、超声造影检查及SMI检查,检查设备为彩色多普勒超声诊断仪,配备高频超声探头,频率为7.5~12.0MHz。先进行常规超声扫描,取仰卧位,在双肩下方垫软枕,使颈部仰伸,使颈部血管充分显露,将探头贴着颈部皮肤进行连续扫描,在颈动脉探查斑块(内膜-中膜厚度>1.5mm),在探查到斑块后对颈动脉进行连续的短轴扫描,采集颈动脉常规超声图像。再将超声扫描模式改为超声造影模式,启动造影成像软件,经患者肘前静脉,将1.2 mL声诺维造影剂快速注入,追加5mL生理盐水,开启计时按钮,沿着颈部在水平、纵向两个方向开展扫描,采集颈动脉超声造影图像。再启动SMI软件,使灰阶图像与SMI图像双幅动态同屏显示,在长轴和短轴对斑块内情况进行观察,若斑块内有新生血管,会表现为点状、线状增强,斑块内未见增强评为0级(计0分),斑块内仅有点状增强信号且局限在斑块基底部或肩部评为1级(计1分),斑块内有1~2个线状增强并伴有点状增强评为2级(计2分),斑块内有超过2个线状增强信号且贯穿斑块评为3级(计3分),得分越高,斑块稳定性越差。

1.3 观察指标 以临床综合诊断(影像学检查、手术病理学检查等)结果为金标准,计算和比较常规超声、超声造影及SMI对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的诊断灵敏度、特异度、准确率。

根据颈动脉狭窄幅度分成轻度狭窄(≥1%且<50%)、中度狭窄(≥50%且<75%)、重度狭窄(≥75%),比较不同颈动脉粥样硬化严重程度患者的超声造影参数(峰值强度比值)、SMI评分,分析峰值强度比值、SMI评分与颈动脉粥样硬化严重程度之间的相关性。

对患者开展为期12个月的随访,统计患者发生脑血管事件(缺血性脑卒中)、心血管事件的概率,比较发生脑血管事件与未发生脑血管事件、发生心血管事件与未发生心血管事件的峰值强度比值、SMI评分。

1.4 统计学方法 收集研究数据,运用软件SPSS 24.0,计数资料行卡方检验,2组计量资料行t检验,2组以上计量资料行F检验,P<0.05为差异有统计学意义。应用Pearson相关性分析法对相关性进行分析,以P<0.05为检验水准,r为正数时呈正相关,r为负数时呈负相关。

2 结果

2.1 不同检查方法对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的诊断结果分析 在224例颈动脉粥样硬化患者中,经临床综合检查,确定有153例患者斑块中有新生血管,新生血管发生率为68.30%,其余71例无新生血管。金标准与不同检查方法的诊

断结果见表1,以金标准为参照,计算得出:超声造影、SMI对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的诊断灵敏度、特异度、准确率均高于常规超声(P<0.05),而超声造影与SMI之间对比三项诊断指标未见明显差异(P>0.05),见表2。

2.2 不同严重程度颈动脉粥样硬化患者的超声造影、SMI指标比较及相关性分析 在颈动脉粥样硬化患者中,轻度狭窄59例,中度狭窄93例,重度狭窄72例,峰值强度比值、SMI评分从高至低依次为重度、中度、轻度狭窄(见表3);峰值强度比值、SMI评分与颈动脉粥样硬化严重程度呈正相关(P<0.05),见表4。

2.3 发生与未发生心脑血管事件患者的超声造影、SMI指标比较 随访12个月时,224例患者中有47例患者发生缺血性脑卒中(20.98%),有32例患者发生心血管事件(14.29%),缺血性脑卒中患者的峰值强度比值、SMI评分均高于无缺血性脑卒中患者(P<0.05),发生心血管事件患者的峰值强度比值、SMI评分均高于无心血管事件患者(P<0.05),见表5~表6。

表1 诊断结果分析(例)

方法		临床综合诊断		
		阳性	阴性	合计
常规超声	阳性	137	10	147
	阴性	16	61	77
	合计	153	71	224
超声造影	阳性	148	2	150
	阴性	5	69	74
	合计	153	71	224
SMI	阳性	150	1	151
	阴性	3	70	73
	合计	153	71	224

表2 诊断灵敏度、特异度、准确率比较(% ,例)

方法	灵敏度	特异度	准确率
常规超声	89.54%(137/153)	85.92%(61/71)	88.39%(198/224)
超声造影	96.73%(148/153)	97.18%(69/71)	96.88%(217/224)
SMI	98.04%(150/153)	98.59%(70/71)	98.21%(220/224)
x ² 1	6.187	5.826	11.809
P1	0.013	0.016	0.001
x ² 2	9.484	7.982	17.291
P2	0.002	0.005	<0.001
x ² 3	0.513	0.341	0.839
P3	0.474	0.560	0.360

注: x²1、P1即常规超声与超声造影对比, x²2、P2即常规超声与SMI对比, x²3、P3即超声造影与SMI对比。

表3 不同严重程度颈动脉粥样硬化的超声造影、SMI指标比较

组别	峰值强度比值(%)	SMI评分(分)
轻度狭窄(n=59)	38.71±4.92	1.10±0.34
中度狭窄(n=93)	45.89±5.23	1.79±0.32
重度狭窄(n=72)	52.18±4.30	2.45±0.38
F	7.657	10.985
P	<0.001	<0.001

表4 各项指标与颈动脉粥样硬化程度之间的相关性分析

指标	颈动脉粥样硬化程度	
	r	P
峰值强度比值	0.829	0.003
SMI评分	0.852	0.002

表5 发生与未发生脑血管事件的超声造影、SMI指标比较

组别	峰值强度比值(%)	SMI评分(分)
发生缺血性脑卒中(n=47)	48.91±4.07	2.24±0.57
无缺血性脑卒中(n=177)	42.50±3.94	1.36±0.43
t	9.846	11.595
P	<0.001	<0.001

表6 发生与未发生心血管事件的超声造影、SMI指标比较

组别	峰值强度比值(%)	SMI评分(分)
发生心血管事件(n=32)	49.12±4.56	2.19±0.52
未发生心血管事件(n=192)	42.25±4.18	1.42±0.41
t	8.496	9.443
P	<0.001	<0.001

3 讨论

颈动脉粥样硬化斑块是指分布在颈动脉内的一种病变，通常是由于血管内脂质堆积、血液黏稠度增加导致颈动脉血管壁增厚，形成粥样硬化斑块，这种斑块是缺血性心脑血管病变发生的重要致病因子，当斑块在血管内破裂、脱落，会导致血管内形成栓子，血管堵塞，血流无法顺利通过，导致脑组织的血供减少，引起缺血性脑卒中^[6-7]。同时，当机体某个区域检测出粥样斑块，表明该患者可能存在更广泛的病理改变，尤其以冠状动脉粥样硬化最为典型^[8]。斑块内新生血管是增加斑块破裂、脱落风险的重要因素，对斑块内新生血管予以尽早诊断，能够及时发现斑块易损性，以便及时采取措施来维持斑块稳定性，降低缺血性心脑血管事件的发生风险^[9]。

在颈动脉粥样硬化斑块诊断时，临床上常采用超声技术，主要是利用超声探头沿着颈部对颈动脉血管内情况进行扫描，采集颈动脉超声图像，对颈动脉血管内的斑块情况进行评价，从而来判断颈动脉粥样硬化斑块内是否有新生血管。常规的超声扫描主要是指二维灰阶超声，这种超声扫描得到的图像为平面图像，无立体性，清晰度受到影响，在判断斑块情况时会出现误差。基于这一点，我院在常规超声基础上引入新的超声技术，如超声造影、SMI等。其中，超声造影是一种利用造影剂进行增强扫描的超声技术，通过将造影剂注入，开启超声造影成像模式，可对血管轮廓进行增强显示，采集到血管的三维容积数据，从而立体显示血管情况，还能增加超声图像的显像清晰度，使医生能够更加细致地观察到血管内斑块情况^[10]。而SMI是一种彩色的血流显像技术，在检查时可对杂波准确识别，消除杂波造成的运动伪影，采集到更加真实的血流信号，图像分辨率、帧数更高，能够对低速血流信号予以显示，并且，SMI检查时无需使用对比剂，费用较低，适用的范围更广，可反复多次对目标部位进行连续性扫描^[11-12]。

本研究中，对于颈动脉粥样硬化斑块开展常规超声、超声造影、超微血管成像检查，发现超声造影、SMI对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的诊断灵敏度、特异度、准确率均高于常规超声($P<0.05$)，超声造影与SMI之间对比诊断灵敏度、特异度、准确率均无明显差异($P>0.05$)，说明SMI对斑块内新生血管的诊断效果可与超声造影相媲美，在常规超声的基础上提高了斑块内新生血管的诊断准确性。本研究还发现，峰值强度比值、SMI评分与颈动脉粥样硬化严重程度呈正相关，并且，随访12个月时，缺血性脑卒中患者的峰值强度比值、SMI评分均高于无缺血性脑卒中患者，说明超声造影、SMI检查能够辅助判断颈动脉粥样硬化严重程度，并且，利用量化指标如峰值强度比值、SMI评分可对脑血管事件风险进行辅助评价，为临床诊疗方案的制定提供参考和借鉴。

动脉粥样硬化是一种全身性的病变，在一个血管区域存在动脉粥样硬化斑块，意味着全身可能有更广泛的血管病变，颈动脉粥样硬化斑块形成后会引起慢性炎症，慢性炎症会诱导广泛性的内皮细胞损伤，引起氧化应激反应，使血管内一氧化氮的生物利用度下降，而这一情况会对钙离子泵活性增高过程进行阻断，细胞质内游离的钙离子含量增多，会影响到心肌组织的血供，可能会间接增加心血管事件的风险^[13]。基于这一问题，本研究对随访12个月时发生与未发生心血管事件的颈动脉粥样硬化患者开展分析，发现发生心血管事件患者的峰值强度比值、SMI评分均高于无心血管事件患者($P<0.05$)，这意味着通过颈动脉超声造影和SMI检查可在一定程度上反映患者未来发生心血管事件的风险。

综上所述，超声造影、超微血管成像能够灵敏、准确地检出颈动脉粥样硬化斑块内新生血管，超声造影、超微血管成像的定量指标与颈动脉粥样硬化程度、心脑血管事件相关，推测可将超声造影、超微血管成像用于辅助预测颈动脉粥样硬化斑块患者的心脑血管事件发生风险。

参考文献

- [1] 景江新, 霍显彰, 单尧飞. 超微血管成像与超声造影诊断颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的价值分析[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(15): 159-160.
- [2] 张辉, 钟钧琳, 张奥华, 等. 超声造影检测颈动脉斑块内新生血管预测心脑血管事件发生的单中心2年随访研究[J]. 中国医药, 2020, 15(9): 1386-1389.
- [3] 李丽珍, 陈成彩, 韦文娟, 等. 超微血管成像联合超声造影评估颈动脉斑块新生血管的应用价值研究[J]. 影像研究与医学应用, 2023, 7(14): 52-54, 58.
- [4] 庞云, 周力, 尚进, 等. 超微血管成像与超声造影评估颈动脉斑块新生血管的对比研究[J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(1): 10-12.
- [5] 中华心血管病杂志(网络版)编辑委员会. 动脉粥样硬化斑块的筛查与临床管理专家共识[J]. 中华心血管病杂志(网络版), 2022, 5(1): 1-13.
- [6] 欧阳丽娜, 杨俊威, 王晓峰. 超微血流成像在评价颈动脉硬化斑块稳定性中的应用及其对脑卒中的预测价值研究[J]. 现代医学影像学, 2020, 29(2): 318-320.
- [7] 陈薇, 郑建华, 方荔香, 等. 超声多模态声像图特征及各参数值与脑卒中颈动脉斑块易损性的相关性[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2025, 46(1): 65-69.
- [8] 熊可, 程德祥, 何真. 老年颈动脉超声斑块与心血管事件风险和亚临床动脉粥样硬化的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(11): 2253-2256.
- [9] 张岩, 史楠, 祁研, 等. 颈部血管彩色超声、超声造影技术及两者联合对缺血性脑卒中患者颈动脉斑块的诊断效果[J]. 岭南心血管病杂志, 2024, 30(5): 509-514.
- [10] 崔娜, 王小刚, 董磊. 动脉粥样硬化性脑梗死患者的颈动脉斑块二维超声指标、超微血管成像特征及其临床意义[J]. 广西医学, 2023, 45(21): 2556-2560.
- [11] 欧阳莹艺, 张珍东. 超微血管成像评分预测颈动脉斑块患者发生缺血性卒中的价值[J]. 心电与循环, 2021, 40(3): 300-302.
- [12] 陈晓旭, 张玲. 超微血管成像与超声造影评价颈动脉斑块内新生血管的对比研究[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(18): 70-71.
- [13] 熊可, 程德祥, 何真. 老年颈动脉超声斑块与心血管事件风险和亚临床动脉粥样硬化的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(11): 2253-2256.

(收稿日期: 2025-05-10)

(校对编辑: 姚丽娜)

(排版编辑: 刘维嘉)